



(51) Internationale Patentklassifikation 5 :

G01N 21/88, G01B 11/30
G02B 26/10

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/02805

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

20. Februar 1992 (20.02.92)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00619

(22) Internationales Anmeldedatum: 1. August 1991 (01.08.91)

(30) Prioritätsdaten:

P 40 24 546.2

2. August 1990 (02.08.90)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): BIRKLE
SENSOR GMBH + CO. [DE/DE]; Leutzstrasse 17,
D-7070 Schwäbisch Gmünd (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : BIRKLE, Gebhard [DE/
DE]; Inselgasse 16, D-7750 Konstanz (DE).

(74) Anwalt: MIERSWA, Klaus; Friedrichstraße 171, D-6800
Mannheim 24 (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (euro-
päisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (euro-
päisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (euro-
päisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (euro-
päisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäi-
sches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (euro-
päisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

Veröffentlicht

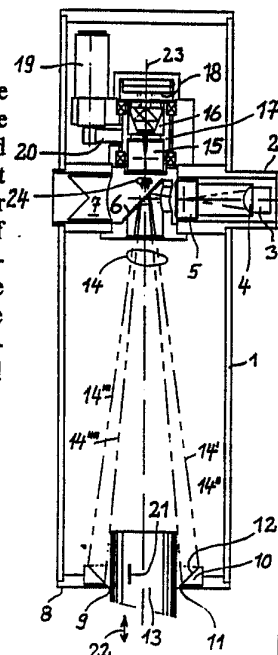
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: PROCESS FOR OPTICALLY SCANNING THE SURFACE OF AN OBJECT, THE SURFACE OF WHICH CAN REFLECT OR SCATTER LIGHT, AND DEVICE THEREFORE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM OPTISCHEN ABTASTEN DER OBERFLÄCHE EINES OBJEKTES, DESSEN OBERFLÄCHE LICHT ZU REFLEKTIEREN ODER ZU STREUEN IMSTANDE IST UND VORRICHTUNG HIERZU

(57) Abstract

The invention relates to a process or optically scanning the surface of an object (13), the surface of which can reflect, scatter or refract light, especially cylindrical objects, with a light source (3), the lighting beam (14) of which impinges around a circumferential strip, is reflected from the object and then the imaging beam is focussed by means of an imaging lens (15) on an opto-electronic straight sensor (18) with an electric evaluation device. The sensor used is a straight optoelectronic line sensor (18), whereby the path of the imaging beam (24, 26) is rotated jointly and thus the image (21, 27) of the sensor which is virtually imaged on the object (13) by the imaging lens (15) is taken around the circumference of the object parallel to its axis (23) and the path of the imaging beam (24, 26) runs on the object side in front of or behind the imaging lens (15). This provides an image which, regardless of the angle of rotation (i.e. independently of the region of the object just scanned) always has the same orientation to the longitudinal axis of the object and is preferably guided parallel to said longitudinal axis.



(57) Zusammenfassung Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Abtasten der Oberfläche eines Objektes (13), dessen Oberfläche Licht zu reflektieren, zu streuen oder zu brechen imstande ist, insbesondere zylindrisches Objekt, mit einer Lichtquelle (3), deren Beleuchtungs-Lichtbündel (14) auf das Objekt rings eines Umfangsbandes geworfen, vom Objekt reflektiert und danach das Abbildungs-Lichtbündel mittels eines Abbildungsobjektivs (15) auf einen optoelektronischen geradlinigen Sensor (18) mit einer elektrischen Auswerteeinrichtung fokussiert wird. Als Sensor wird ein geradliniger optoelektronischer Zeilen-sensor (18) verwendet, wobei der Strahlengang des Abbildungs-Lichtbündels (24, 26) gemeinsam gedreht und damit das Abbild (21, 27) des mittels des Abbildungsobjektivs (15) auf dem Objekt (13) virtuell abgebildeten Sensors (18, 25) parallel zur Achse (23) des Objektes um den Umfang desselben herumgeführt wird und die Drehung des Strahlenganges des Abbildungs-Lichtbündels (24, 26) objektseitig vor oder nach dem Abbildungsobjektiv (15) erfolgt. Dadurch wird ein Abbild gewonnen, welches unabhängig vom Drehwinkel (d.h. unabhängig vom gerade abgetasteten Bereich auf dem Objekt) stets dieselbe Orientierung zur Längsachse des Objekts hat und vorzugsweise parallel zur Längsachse des Objekts geführt wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU ⁺	Sowjet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

+ Es ist noch nicht bekannt, für welche Staaten der früheren Sowjetunion eine Benennung der Sowjetunion gilt.

1 Verfahren zum optischen Abtasten der Oberfläche eines Objektes, dessen Ober-
2 fläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande ist und Vorrichtung hierzu
3

4 Technisches Gebiet:

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum optischen Abtasten der Oberfläche eines
6 Objektes, dessen Oberfläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande ist, insbe-
7 sondere zylindrisches Objekt, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine
8 Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.
9

10 Stand der Technik:

11 Durch die DE-A1-3 822 303 bzw. die WO 89/05468 ist eine Vorrichtung zum
12 optischen Abtasten der Oberfläche eines bewegbaren Objektes bekannt geworden,
13 dessen Oberfläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande ist, mit einer
14 Lichtquelle und einem optischen, innen verspiegelten Ringspiegel mit einer
15 umlaufenden Spiegelfläche und einer dazu zentrisch angeordneten Durch-
16 gangsöffnung zum Durchgang des Objektes durch den Ringspiegel, wobei in Richtung
17 der Hauptachse des Ringspiegels, innerhalb dessen Öffnungswinkels und über dessen
18 Durchgangsöffnung sich ein weiterer Spiegel befindet und mit einem
19 optoelektronischen Sensor und einer elektrischen Auswerteinrichtung, wobei das
20 Licht nach Reflexion oder Streuung am Objekt auf die Spiegelflächen der Spiegel ge-
21 worfen, auf den Sensor gelenkt und in der Auswerteinrichtung ausgewertet wird. Die
22 Lichtquelle beleuchtet das Objekt rings des Umfangs im Bereich der Durch-
23 gangsöffnung des Pultspiegels, so daß das vom Objekt rings des Umfangs reflektierte
24 oder gestreute Licht gleichzeitig peripher auf die Spiegelfläche des Pultspiegels fällt.
25 Der zweite Spiegel besitzt eine schräge Spiegelfläche, die das Licht auf den Sensor
26 leitet, der ein Umfangsband detektiert, das einer Umfangsfläche des Objektes von
27 vorgegebener Breite entspricht.
28

29 Durch die DE 36 01 442 A1 ist eine Vorrichtung zum optischen Abtasten eines Ob-
30 jektes bekannt geworden, bestehend aus einer Lichtquelle, die einen Lichtstrahl er-
31 zeugt, der mittels einer rotierenden Umlenkoptik auf das abzutastende Objekt gewor-
32 fen und anschließend nach Reflektion einer lichtelektrischen Auswerteinrichtung
33 zugeführt wird. Die Umlenkoptik besteht aus einem Prisma,

ERSATZBLATT

1 das bezüglich der Rotationsachse eine schrägstehende Spiegelfläche besitzt, die
2 das Licht auf einen ringförmigen Hohlspiegel wirft, wobei sich das Objekt in-
3 nerhalb des Öffnungswinkels des Hohlspiegels befindet. Unterhalb des Hohl-
4 spiegels kann ein zweiter ringförmiger Spiegel angeordnet sein, der den Strahlen-
5 gang des Lichtes senkrecht auf das Objekt umlenkt.

6
7 Soweit bei derartigen Abbildungssystemen in der Bildebene Ring- oder Flächen-
8 sensoren zur Anwendung kommen, werden zwar beleuchtungs- und abbildungs-
9 technisch optimale Bedingungen für eine Merkmalerkennung an runden, insbe-
10 sondere zylindrischen, Objekten erreicht, jedoch sind der Umfangsauflösung
11 Grenzen gesetzt: bei begrenzter Pixelzahl des Bildsensors bei Verwendung eines
12 CCD-Zeilensensors nimmt mit zunehmenden Durchmesser des Objektes die
13 Umfangsauflösung linear ab. Für feinauflösende Signalerzeugungen an Objekten
14 mit größerem Durchmesser, zum Beispiel ein Motorkolben mit einem Durch-
15 messer von ca. 100 mm, ist es daher erforderlich, von der Bindung an eine
16 ringförmige Pixelanordnung oder von einem Auslesen aus einem CCD-
17 Flächensensor wegzukommen.

18
19 Durch die US 3 428 812 ist ein optischer Drehkompensator für drehende
20 Satelliten bekannt geworden, der in Richtung seiner räumlichen Empfangsachse
21 stabilisiert ist und der aus einer Linse und einem Dachkantprisma besteht, zwi-
22 schen denen in Richtung der optischen Achse ein Dove-Prisma drehbar ange-
23 ordnet ist.

24
25 Technische Aufgabe:

26 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung
27 der genannten Gattung zu schaffen, mit der die Oberfläche von Objekten mit
28 relativ großem Durchmesser, welche vorzugsweise rund oder zylindrisch sind,
29 ohne Anwendung eines Ringsensors oder ohne Auslesen aus einem Flächen-
30 sensor, mit hoher Umfangsauflösung abgetastet werden kann.

¹ Darstellung der Erfindung und deren Vorteile:

² Die Lösung der Aufgabe besteht erfindungsgemäß darin, daß der Strahlengang
³ des Abbildungs-Lichtbündels gemeinsam gedreht und damit das Abbild des mit-
⁴ tels des Abbildungsobjektivs auf dem Objekt virtuell abgebildeten Sensors
⁵ parallel zur Achse des Objektes um den Umfang desselben herumgeführt wird
⁶ und die Drehung des Strahlenganges des Abbildungs-Lichtbündels objektseitig
⁷ vor oder nach dem Abbildungsobjektiv erfolgt. Die Umlenkung des Beleuch-
⁸ tungs-Lichtbündel im wesentlichen radial zur Hauptachse des Objektes meint
⁹ die Aufweitung innerhalb eines kleinen Winkels der Breite des Umfangsbandes.

¹⁰

¹¹ In weiterer verfahrensgemäßer Ausgestaltung wird ein geradliniger optoelektro-
¹² nischer Zeilensensor verwendet, wobei aufeinanderfolgende Umfangsbereiche
¹³ des Objektes zeitlich nacheinander abgetastet werden und zwischen dem Objekt
¹⁴ und dem Zeilensensor eine Bilddrehungsoptik angeordnet ist, die einerseits die
¹⁵ Abtastung des Objekts und andererseits die Drehung des von dem Abbildungs-
¹⁶ objektiv erzeugten Abbildes auf den Objektumfang derart bewirkt, daß das Ab-
¹⁷ bild unabhängig vom Drehwinkel (d.h. unabhängig vom gerade abgetasteten Be-
¹⁸ reich auf dem Objekt) stets dieselbe Orientierung zur Längsachse des Objekts
¹⁹ hat, vorzugsweise parallel zur Längsachse des Objekts geführt wird.

²⁰

²¹ Das erfindungsgemäße Verfahren besitzt den Vorteil, daß dadurch zylindrische
²² oder runde Objekte, die durchscheinend, durchsichtig oder undurchsichtig sein
²³ können, aber deren Oberfläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande
²⁴ ist, und die einen relativ großen Durchmesser aufweisen können, beispielsweise
²⁵ mehr als 50 mm, mit feinauflösender Signalerzeugungen abgetastet werden
²⁶ können. Die einzelnen Bildpunkte der Sensorzeile können mit hoher Frequenz,
²⁷ z.B. 5 MHz, durchgetaktet werden, was z. B. bei 500 Sensorpixeln einer Zeilen-
²⁸ abstastfrequenz von 10 KHz entspricht. Hingegen kann die Drehgeschwindigkeit
²⁹ der Bilddrehungseinrichtung bzw. der Bilddrehungsoptik relativ gering sein, z.B.
³⁰ 10 oder 20 U/sec oder mehr, so daß eine hohe Umfangsauflösung erreicht wird.

¹ Vorteilhaft kann der Strahlengang des Abbildungs-Lichtbündels objektseitig vor
² oder nach dem Abbildungsobjektiv gedreht werden, wie auch das Beleuchtungs-
³ Lichtbündel mittels einer Blende konfiguriert und das konfigurierte Beleuch-
⁴ tungs- als auch das Abbildungs-Lichtbündel synchron gedreht werden können.
⁵ In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn beim Drehen des Strahlenganges des Ab-
⁶ bildungs-Lichtbündels objektseitig vor dem Abbildungsobjektiv sowohl das Be-
⁷ leuchtungs- als auch das Abbildungs-Lichtbündel durch die Bilddrehungsoptik
⁸ fallen. Die Lichtquelle kann eine strichförmige, ausgeleuchtete Schlitzblende
⁹ aufweisen, deren Licht über die Beleuchtungsoptik auf die Oberfläche des Ob-
¹⁰ jektes geleitet wird, so daß eine installierte Lichtleistung allein auf den Abtastbe-
¹¹ reich konzentriert wird und mit dem virtuellen Abbild der Sensorzeile synchron
¹² mitläuft.

¹³

¹⁴ Für die Detektion von Mustern auf einem Objekt kann es vorteilhaft sein, die
¹⁵ Sensorzeile so zu positionieren, das das Abtastmuster auf dem Objekt schräg zu
¹⁶ seiner Mittelachse liegt; in der Bildebene schneidet dann die Sensorzeile bzw.
¹⁷ deren Verlängerungsgerade die Hauptachse der Bilddrehungsoptik bzw. der Ab-
¹⁸ bildungs- und Bilddrehungsoptik nicht. Für die Detektion bestimmter Muster
¹⁹ auf einem Prüfobjekt kann es vorteilhaft sein, einen Flächensensor einzusetzen.
²⁰ In vorteilhafter Weise können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren auch
²¹ Rundungsfehler an zylindrischen oder runden Objekten festgestellt werden.

²²

²³ Eine erfindungsgemäße Vorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor
²⁴ ein geradliniger optoelektronischer Zeilensensor ist und daß zwischen dem Ob-
²⁵ jekt und dem Zeilensensor zum Drehen des Strahlenganges des Abbildungs-
²⁶ Lichtbündels objektseitig vor- oder nach dem Abbildungsobjektiv eine Bilddre-
²⁷ hungsoptik sich befindet, welche um ihre Hauptachse drehbar angeordnet ist
²⁸ und die eine Spiegeleinrichtung oder eine Kombination von Zylinderlinsen oder
²⁹ eine Kombination von Zylinderlinsen mit sphärischen Linsen oder ein Pechan-
³⁰ Prisma oder ein Dove-Prisma sein kann, die bzw. das mittels eines Motors dreh-

1 bar um ihre bzw. seine Hauptachse angeordnet ist, die mit der Hauptachse des
2 Strahlengangs des Abbildungs-Lichtbündels zusammenfällt. Des weiteren kann
3 das Abbildungsobjektiv in die Kombination von Zylinderlinsen oder die
4 Kombination von Zylinderlinsen mit sphärischen Linsen zur Bilddrehung
5 integriert sein.

6

7 Vorteilhaft befindet sich das Abbildungsobjektiv objektseitig vor der Bilddre-
8 hungsoptik, wobei sowohl das Beleuchtungs-Lichtbündel als auch das Abbil-
9 dungs-Lichtbündel durch die Bilddrehungsoptik geführt werden können.

10

11 Die Lichtquelle weist vorteilhaft eine auf die Sensorgeometrie abgestimmte
12 Blende auf, die beispielsweise bei einem linienförmigen Sensor schlitzförmig ist;
13 Blende und Sensorzeile sind diametral zur Mittenachse der Bilddrehungsoptik
14 bzw. der Abbildungs- und Bilddrehungsoptik angeordnet. Der Sensor kann ein
15 solcher mit parallelen Zeilen sein oder aus mehreren Sensorzeilen besteht, die
16 sternförmig angeordnet sind. Die gleichzeitige Drehung des Lichtblendenbildes
17 (Beleuchtung) und des Oberflächenbildes (Sensorzeile) kann vorteilhaft als
18 Durchlichteinrichtung für transparente Objekte, wie zylindrische Glasröhren,
19 variiert werden, indem die schlitzförmige Beleuchtungsblende und die Sensorzei-
20 le diametral zur Mittenachse der Bilddrehungsoptik bzw. der Abbildungs- und
21 Bilddrehungsoptik angeordnet sind.

22

23 In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung unter Verwendung eines CCD-
24 Zeilensensors als opto-elektronischen Sensor durchstößt die Hauptachse der
25 Bilddrehungsoptik mittig die Sensorzeile, die symmetrisch zur Hauptachse in
26 der Bildebene liegt, so daß ein zentraler Bereich des Sensors der Stirnfläche des
27 Objektes und die beiden sich diametral gegenüberliegenden Außenbereiche des
28 Sensors der Mantelfläche des Objektes zugeordnet sind und auf derselben zu lie-
29 gen kommen.

30

¹ Ebenso kann die Sensorzeile soweit außermittig der Hauptachse der
² Bilddrehungsoptik angeordnet sein, daß die Hauptachse nur noch die
³ Verlängerungsgerade der Sensorzeile schneidet und somit das Abbild der Sensor-
⁴ zeile nur noch eine Abtastgerade auf der Mantelfläche des Objektes ergibt.

⁵

⁶ Ebenso kann der Sensor bzw. die Sensorzeile des Sensors außermittig und schräg
⁷ zur Hauptachse der Bilddrehungsoptik liegen, so daß in der Bildebene die Sen-
⁸ sorzeile bzw. deren Verlängerungsgerade die Hauptachse der Bilddrehungsoptik
⁹ nicht schneidet und in der Objektebene das Abbild der Sensorzeile auf dem Ob-
¹⁰ jekt schräg zu dessen Mittelachse zu liegen kommt.

¹¹

¹² Mittels einer sternförmigen Anordnung mehrerer Pixelzeilen in der Bildebene
¹³ können auf das Objekt mehrere Abtastgeraden projiziert werden, die bei der
¹⁴ Bilddrehung äquidistant um das Objekt drehen. Eine weitere Variante ist eine
¹⁵ gerade Pixelzeile, von der lediglich zwei außenliegende Äste für die Abtastung
¹⁶ aktiviert werden.

¹⁷

¹⁸ Die Verwendung einer rotierenden Bilddrehungsoptik ermöglicht des weiteren
¹⁹ einen einfachen Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

²⁰

²¹ Kurzbeschreibung der Zeichnung, in welcher zeigen:

²² Figur 1 eine schematische Darstellung der Vorrichtung mit einem ringförmigen
²³ Spiegelkörper, einem Abbildungsobjektiv und einem drehbar um
²⁴ seine Hauptachse angeordneten Pechan-Prisma zur Bilddrehung sowie
²⁵ einem CCD-Sensor, der symmetrisch zur Hauptachse angeordnet ist

²⁶ Figur 2 eine schematische Darstellung entsprechend der Figur 1, wobei der
²⁷ CCD-Sensor unsymmetrisch zur Hauptachse angeordnet ist

²⁸ Figur 3 eine Darstellung einer Vorrichtung entsprechend Figur 1 mit einem
²⁹ Dove-Prisma

³⁰ Figur 4 einen Teilausschnitt des Ringspiegels in Form eines transparenten

1 Spiegelkörpers als Toroid mit einer zylinderförmigen umlaufenden
2 Linsenfläche zur Verlagerung des geometrischen Ortes der Schnitt-
3 punkte sämtlicher Randstrahlen auf die Oberfläche des abzutastenden
4 Objektes und

5 Figur 5 einen Teilausschnitt eines weiteren Ringspiegels in Form eines trans-
6 parenten Spiegelkörpers als Toroid mit einer konvex gekrümmten, um-
7 laufenden Linsenfläche zur angepaßten Korrektur des Verlaufs des geo-
8 metrischen Ortes der Strahlen des Lichtbündels auf dem Objekt in
9 bezug auf die Geometrie des opto-elektronischen Sensors.

10

11 Wege zur Ausführung der Erfindung:

12 Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung eine erfindungsgemäße Vorrichtung
13 im Längsschnitt, bestehend aus einem länglichen, geschlossenen Gehäuse 1, wel-
14 ches zylinderförmig sein kann und welches im oberen Teil einen seitlich ange-
15 ordneten Gehäusearm 2 aufweist, in dem eine Lichtquelle 3, z.B. z.B. mit einer
16 Blende 4, angeordnet sind, die zur Querschnittswandlung und Erzeugung eines
17 Lichtaustrittes dient, dessen geometrische Gestalt der Geometrie der Oberfläche
18 eines optisch abzutastenden Objektes 13 und gleichermaßen auf die Abmessun-
19 gen der lichtempfindlichen Sensorfläche eines opto-elektronischen linien-
20 förmigen Sensors 18 abgestimmt sein können. Durch das geschlossene Gehäuse
21 wird vorzugsweise ein Dunkelfeld zur optischen Abtastung realisiert.

22

23 Auf die Blende 4 folgt eine Beleuchtungs- oder Projektionsoptik 5, die z.B. ein
24 Objektiv sein kann. Nach der Beleuchtungsoptik 5 ist eine Strahlteilerreinrich-
25 tung 6 vorgesehen, die beispielsweise ein Teilerspiegel oder eine holographische
26 Linse oder ein Strahlteilerprisma oder -würfel sein kann. Hinter der Strahlteiler-
27 einrichtung 6 ist eine Lichtfalle 7 angeordnet, um eine Lichteinstreuung in den
28 Abbildungsstrahlengang zu vermeiden. Das Gehäuse 1 besitzt an seinem unteren
29 Ende einen Deckel 8 mit einem zentrischen Loch 9, auf dem sich innerhalb des
30 Gehäuses 1 ein ringförmiger Spiegelkörper 10, z.B. ein Ringspiegel, mit einer

¹ kegel- oder schalenförmige, umlaufende Spiegelfläche 12 befindet. Der Spiegel-
² körper 10 besitzt zentrisch zu seiner Hauptachse 23 eine Durchgangsöffnung 11
³ zum Durchbewegen des Objektes 13 in das Innere des Gehäuses 1, wobei das
⁴ Loch 9 innerhalb des Deckels 8 und die Durchgangsöffnung 11 des Spiegel-
⁵ körpers 10 kongruent sind.

⁶
⁷ Im oberen Teil des Gehäuses 1 und oberhalb der Strahlteilereinrichtung 6
⁸ befindet sich ein Drehgehäuse 17 in Form eines aufrechtstehenden, rohrförmigen
⁹ Zylinders, innerhalb desselben ein Abbildungsobjektiv 15 und eine Bilddre-
¹⁰ hungsoptik 16, die im gezeigten Beispiel ein Pechan-Prisma ist, übereinander
¹¹ angeordnet sind, deren Hauptachsen mit der Hauptachse 23 des Spiegelkörpers
¹² 10 zusammenfallen. Das Abbildungsobjektiv 15 ist an der Bilddrehung nicht be-
¹³ teiligt, obwohl es sich in der Anordnung mitdreht. Daran schließt sich ein opto-
¹⁴ elektronische Sensor 18 an, der vorzugsweise ein CCD-Zeilen- oder Matrix-
¹⁵ Sensor mit linienförmiger Zeile oder linienförmigen Zeilen oder parallelen
¹⁶ linienförmigen Zeilen ist. Die optische Hauptachse des Pechan-Prismas 17
¹⁷ durchstößt die Mitte der Zeile des Sensors 18 und teilt diese in zwei gleiche
¹⁸ Hälften. Seitlich des Drehgehäuses 17 befindet sich ein Elektromotor 19, der
¹⁹ mittels eines Treibriemens 20 das Drehgehäuse 17 mitsamt dem Pechan-Prisma
²⁰ 16 und dem Abbildungsobjektiv 15 in Rotation zu versetzen imstande ist, wobei
²¹ die Rotationsachse des Prismas 16 mit seiner optischen Hauptachse und der
²² Hauptachse 23 des Ringspiegels 10 zusammenfällt. Statt des Pechan-Prismas
²³ kann als Bilddrehungsoptik eine solche Einrichtung verwendet werden, die das
²⁴ Bild zu drehen imstande ist, wie Spiegelkonstruktionen oder weitere Dreh-
²⁵ prismen wie das Dove-Prisma.

²⁶

²⁷ Die Funktionsweise der Vorrichtung ist folgende:
²⁸ Das Beleuchtungs-Lichtbündel 14 der Lichtquelle 3 wird mittels des Teilerspie-
²⁹ gels 6 umgelenkt und auf die Spiegelfläche 12 des Ringspiegels 10 geworfen, von
³⁰ wo es rings auf die abzutastende Oberfläche des Objektes 13 fällt, wobei die je-

¹ weiligen Extrempaare 14,14' bzw. 14'',14''' der Randstrahlen des Ringspiegels
² 10 dargestellt sind. Vom Objekt 13 wird das Licht auf die Spiegelfläche 12
³ zurückgeworfen und von dort in Richtung des Teilerspiegels 6 umgelenkt; ob-
⁴ jektseitig fallen das Beleuchtungs-Lichtbündel 14 und das Abbildungs-Licht-
⁵ bündel 24 zusammen. Das Abbildungs-Lichtbündel 24 durchquert den Teiler-
⁶ spiegel 6 und das Abbildungsobjektiv 15 und wird durch das Pechan-Prisma 16
⁷ gedreht und fällt auf den in der Bildebene sich befindenden optoelektronischen
⁸ Sensor 18, was in der Objektebene einer Abbildung der Sensorzeile 18 parallel
⁹ der Mittellinie 23 des Objektes 13 auf der Oberfläche desselben entspricht. Die
¹⁰ Drehung des Prismas 16 bewirkt eine Umfangsabtastung auf dem Objekt 13
¹¹ dergestalt, daß die Pixelzeile des Sensors 18 der Oberfläche des Objektes 13 pa-
¹² rallel zur Mittelachse 23 zugeordnet ist. Bei Drehung des Objektes und
¹³ gleichzeitigem Verschieben in Richtung des Doppelpfeils 22 wird um das Ob-
¹⁴ jekt 13 ein spiralförmiges Abtastband gelegt. Die Drehung des Drehgehäuses 17
¹⁵ mitsamt dem Prisma 16 um seine optische Achse bewirkt den Parallelversatz des
¹⁶ Abbildes 21 der Sensorzeile über den Objektumfang des Objektes 13, wobei die
¹⁷ Ausrichtung des Abbildes 21 parallel zur Mittelachse des Objektes 13 beibe-
¹⁸ halten wird.

¹⁹

²⁰ In Figur 1 ist der Strahlengang des Abbildungs-Lichtbündels 24 von einer Posi-
²¹ tionierung des Sensors 18 bestimmt, bei der die gerade Pixelzeile symmetrisch
²² um die Mittelachse 23 in der Bildebene, das ist die Ebene des Sensors 18, liegt.
²³ Dementsprechend sind ein zentraler Pixelbereich der Stirnfläche des Objektes 13
²⁴ und die beiden sich diametral gegenüberliegenden Außenbereiche der Sensorzei-
²⁵ le der Mantelfläche des Objektes 13 zugeordnet; die Außenbereiche klappen
²⁶ gewissermaßen um die Kante der Deckfläche des zylindrischen Objektes 13
²⁷ herum auf die Mantelfläche. Bei Sicherstellung einer ausreichenden Schärf-
²⁸ fentiefe durch das Abbildungsobjektiv 15 können also die Stirnfläche und ein
²⁹ Mantelflächenbereich des Objektes gleichzeitig abgetastet werden.

³⁰

¹ Durch die spezifischen optischen Gesetzmäßigkeiten des Pechan- oder Dove-
² Prismas oder anderer Bilddrehungseinrichtungen kann eine Verdoppelung der
³ Abtastumdrehung bewirkt werden, was bei paarweiser Anordnung der Abtastbe-
⁴ reiche eine Vervierfachung der möglichen Abtastgeschwindigkeit über den Um-
⁵ fang des Objektes bedeutet. Bei hoher Abtastfrequenz der Sensorzeile kann der
⁶ Objektumfang in vorteilhafter Weise unabhängig vom Durchmesser des Objek-
⁷ tes feinst aufgelöst werden. Dazu ist nur eine relativ geringe Umdrehungsge-
⁸ schwindigkeit notwendig, z.B. 100 U/Minute, bei der schon eine feinauflösende
⁹ Oberflächenabtastung mit hoher Abtastgeschwindigkeit erhalten wird.

¹⁰

¹¹ Figur 2 zeigt eine weitere Vorrichtung entsprechend der Figur 1, wobei gleiche
¹² Teile mit gleichen Bezugsziffern versehen sind. Der Strahlengang eines Abbil-
¹³ dungs-Lichtbündels 26 wird von einer Positionierung eines Sensors 25 be-
¹⁴ stimmt, bei der nur noch die Verlängerungsgerade der geraden Pixelzeile die
¹⁵ Mittelachse bzw. Hauptachse 23 schneidet. Die Übertragung auf das Objekt er-
¹⁶ gibt nur noch eine Abtastgerade auf der Mantelfläche des Objektes 13 in der
¹⁷ Objektebene; die Stirnfläche des Objektes wird nicht mehr erfaßt.

¹⁸

¹⁹ Die Figur 3 zeigt eine Darstellung einer weiteren Vorrichtung entsprechend der
²⁰ Figur 1, wobei hier die Bilddrehungsoptik ein Dove-Prisma 28 ist. Des weiteren
²¹ besitzt die Vorrichtung einen spezifisch ausgeformten, ringförmigen Spiegel-
²² körper 29, der in allen Vorrichtungen vorteilhaft verwendet werden kann und
²³ der nachfolgend beschrieben ist.

²⁴

²⁵ Die Figuren 4 und 5 zeigen Teile von ringförmigen Spiegelkörpern 29, 29' zur
²⁶ Vermeidung von Abbildungsfehlern, die aufgrund der Krümmung einer Spie-
²⁷ gelfläche in tangentialer Richtung auftreten, wie es die Ringspiegel der vorge-
²⁸ hend beschriebenen Figuren darstellen, weshalb sich die Randstrahlen nach ihrer
²⁹ Reflektion nicht in einem geometrischen Ort schneiden, der auf der Oberfläche
³⁰ des Objektes liegt, sondern in einem Ort, der außerhalb der Oberfläche des Ob-

1 jektes liegt; bei rotationssymmetrischen Spiegelkörpern sind die geometrischen
2 Orte Kreise. Andere zwischen den Randstrahlen liegende Strahlen schneiden
3 sich radial auf den Bündelmittellinien zwischen den geometrischen Orten, was
4 einen Verzug der Schnittpunkte über die Achsen des Lichtbündels ergibt. Dieser
5 Verzug ist bei einem Kegelspiegel am augenfälligsten, er tritt jedoch auch bei an-
6 deren Spiegelformen auf, die als Spiegelkörper gestaltet sind und bei denen die
7 Spiegelfläche in einer Richtung gekrümmt ist.

8
9 In den Figuren 4 und 5 sind mit den Bezugsziffern 32, 32' Lichtbündel mit ra-
10 dialen Randstrahlen 33, 33', 35, 35' und tangentialen Randstrahlen 34, 34', 36,
11 36' eines abzubildenden Objektpunktes des Objektes 13 mittels eines (nichtge-
12 zeigten) Objektives gezeigt. Die Spiegelkörper 29, 29' bestehen je aus einem
13 transparenten Körper in Form eines Toroids mit der Hauptachse 23, der durch
14 je eine obere, vorzugsweise ebene, Oberfläche 39, 39', eine rückseitige, schräg
15 geneigte und in Richtung der Schräge ebene, innen verspiegelte, umlaufende
16 Spiegelfläche 31, 31' und eine umlaufende, der Hauptachse 23 der
17 Spiegelkörper 29, 29' zugewandte innere Oberfläche 30, 30' der Höhe h be-
18 grenzt ist. In Figur 4 ist die Oberfläche 30 zylindrisch und stellt eine zylindri-
19 sche Linsenfläche dar; in Figur 5 ist die Oberfläche 30' konvex gewölbt.

20
21 Beispielsweise treffen sich in Figur 4 sowohl die radialen, als auch die
22 tangentialen Randstrahlen 33, 33', 34, 34' auf einem geometrischen Ort, der
23 eine kreisförmige Umfangslinie 37 auf dem Objekt 13 bildet. In Figur 5 schnei-
24 den sich die tangentialen Randstrahlen 36, 36' in einem geometrischen Ort, der
25 ebenfalls eine kreisförmige Umfangslinie 37' auf dem Objekt 13 bildet; hinge-
26 gen schneiden sich die radialen Randstrahlen 35, 35' auf einem geometrischen
27 Ort, der innerhalb des Objektes 13 liegt, so daß dieselben auf den gepunkteten
28 Umfangslinien 38, 38' des Objektes 13 auftreffen. Durch die konvexe
29 Krümmung der Linsenfläche 30' wird eine vorteilhafte Adaption der Abbildung
30 an spezifische Erfordernisse des Objektes oder von marktüblichen Sensorgeome-

1 trien von CCD-Bausteinen an beispielsweise zylindrische oder runde oder sonst-
2 wie stabförmige Objekte oder allgemein der Geometrie des verwendeten opto-
3 elektronischen Sensors erreicht.

4
5 Des weiteren kann die rückseitige, schräg geneigte und in Richtung der Schräge
6 ebene, umlaufend-innen verspiegelte Spiegelfläche halbdurchlässig sein, so daß
7 diese einen Teilerspiegel zu bilden imstande ist. Die Beleuchtung des Objektes
8 kann dann auch durch die halbdurchlässige Spiegelfläche und das transparente
9 Toroid hindurch erfolgen.

10

11 Die dem Mittelpunkt des Spiegelkörpers zugewandte Linsenfläche kann in ihrer
12 Krümmung in Richtung der Hauptachse des Spiegelkörpers veränderbar sein,
13 dergestalt, daß die Brennweite der Linsenflächen veränderbar ist, um den
14 Spiegelkörper an Objekte unterschiedlicher Geometrie, insbesondere an zylindri-
15 sche Objekte mit unterschiedlichem Durchmesser, anzupassen. Dazu kann der
16 Spiegelkörper aus flexiblem, transparentem Material bestehen und beispielsweise
17 mit einer massiven, ringförmigen, transparenten Lochscheibe 41 abgedeckt sein.
18 Wird auf die Lochscheibe, symmetrisch oder unsymmetrisch, ein Druck
19 ausgeübt, so verformt sich der Spiegelkörper, wobei aufgrund der Volumenver-
20 kleinerung die innere, zylindrische Linsenfläche umlaufend bombiert wird und
21 eine bezüglich der Richtung der Hauptachse konvexe, veränderbare Form an-
22 nimmt, ähnlich der in Figur 3 gezeigten Gestaltung der Linsenfläche 30'.

23

24 Gewerbliche Anwendbarkeit:

25 Das erfindungsgemäße Verfahren und die Vorrichtung sind vorteilhaft zum Ab-
26 tasten von runden oder zylindrischen Objekten, vorzugsweise mit relativ großen
27 Durchmesser, beispielsweise mehr als 50 mm, mittels hochauflösender
28 Signalerzeugung zur Merkmalerkennung von Oberflächen, wie Muster oder
29 Oberflächenfehlern, geeignet.

30

1 Liste der Bezugszeichen:

2	1	Gehäuse
3	2	Gehäusearm
4	3	Lichtquelle
5	4	Blende
6	5	Beleuchtungs- oder Projektionsoptik
7	6	Strahlteilereinrichtung, z.B. Teilerspiegel
8	7	Lichtfalle
9	8	Deckel
10	9	Loch
11	10	ringförmiger Spiegelkörper
12	11	Durchgangsöffnung durch den Spiegelkörper
13	12	kegel- oder schalenförmige Spiegelfläche
14	13	Objekt
15	14, 14', 14'', 14''', 14''''	Beleuchtungs-Lichtbündel
16	15	Abbildungsobjektiv
17	16	Pechan-Prisma
18	17	Drehgehäuse
19	18	opto-elektronischer Sensor (Zeilensensor)
20	19	Elektromotor
21	20	Treibriemen
22	21	Abbild der Sensorzeile auf der Mantelfläche des
23		Objektes
24	22	Bewegungsdoppelpfeil
25	23	Hauptachse des ringförmigen Spiegelkörpers und
26		Mittelachse des Objektes
27	24, 26	Abbildungs-Lichtbündel
28	25	Sensorzeile
29	27	Abbild der Sensorzeile auf dem Objekt
30	28	Dove-Prisma

1	29, 29'	ringförmige Spiegelkörper
2	30, 30'	innere Oberflächen
3	31, 31'	äußere, innen verspiegelte Spiegelfläche
4	32, 32'	Lichtbündel
5	33, 33', 34, 34',	
6	35, 35', 36, 36'	Randstrahlen
7	37, 37', 38, 38'	geometrische Orte
8	39, 40	Oberflächen
9	41	transparente Lochscheibe
10		

¹ Patentansprüche:

²

- ³ 1. Verfahren zum optischen Abtasten der Oberfläche eines Objektes (13), dessen
⁴ Oberfläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande ist, insbesondere
⁵ zylindrisches Objekt, mit einem ringförmigen Spiegelkörper (10) mit kegel- oder
⁶ schalenförmiger Spiegelfläche (12), die eine zentrisch angeordnete Durch-
⁷ gangsöffnung (11) aufweist, durch die das Objekt durchbewegt wird, wobei der
⁸ Spiegelkörper ein aus einer Lichtquelle (3) herrührendes Beleuchtungs-
⁹ Lichtbündel im wesentlichen radial zu seiner Hauptachse (23) auf das Objekt
¹⁰ längs eines Umfangsbandes und umgekehrt umlenkt und danach das Abbil-
¹¹ dungs-Lichtbündel mittels eines Abbildungsobjektives (15) auf einen Sensor
¹² (18) mit einer elektrischen Auswerteeinrichtung fokussiert wird,
¹³ dadurch gekennzeichnet,
¹⁴ daß der Strahlengang des Abbildungs-Lichtbündels (24,26) gemeinsam gedreht
¹⁵ und damit das Abbild (21,27) des mittels des Abbildungsobjektivs (15) auf dem
¹⁶ Objekt (13) virtuell abgebildeten Sensors (18,25) parallel zur Achse (23) des
¹⁷ Objektes um den Umfang desselben herumgeführt wird und die Drehung des
¹⁸ Strahlenganges des Abbildungs-Lichtbündels (24,26) objektseitig vor oder nach
¹⁹ dem Abbildungsobjektiv (15) erfolgt.
- ²⁰
- ²¹ 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
²² daß ein geradliniger optoelektronischer Zeilensensor (18) verwendet wird, daß
²³ aufeinanderfolgende Umfangsbereiche des Objektes (13) zeitlich nacheinander
²⁴ abgetastet werden und daß zwischen dem Objekt (13) und dem Zeilensensor
²⁵ (18) eine Bilddrehungsoptik (16) angeordnet ist, die einerseits die Abtastung des
²⁶ Objekts und andererseits die Drehung des von dem Abbildungsobjektiv erzeug-
²⁷ ten Abbildes (21,27) auf den Objektumfang derart bewirkt, daß das Abbild
²⁸ unabhängig vom Drehwinkel (d.h. unabhängig vom gerade abgetasteten Bereich
²⁹ auf dem Ob-jekt) stets dieselbe Orientierung zur Längsachse (23) des Objekts
³⁰ hat, vorzugsweise parallel zur Längsachse (23) des Objekts geführt wird.

1 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
2 daß das Beleuchtungs-Lichtbündel mittels einer Blende (4) konfiguriert wird
3 und sowohl das konfigurierte Beleuchtungs-Lichtbündel als auch das Abbil-
4 dungs-Lichtbündel synchron gedreht werden.

5
6 4. Vorrichtung zum optischen Abtasten der Oberfläche eines Objektes (13), des-
7 sen Oberfläche Licht zu reflektieren oder zu streuen imstande ist, insbesondere
8 zylindrisches Objekt, mit einem ringförmigen Spiegelkörper (10) mit kegel- oder
9 schalenförmiger Spiegelfläche (12), die zum Durchbewegen des Objektes (13)
10 eine zentrisch angeordnete Durchgangsöffnung (11) aufweist, wobei der Spie-
11 gelkörper ein aus einer Lichtquelle (3) herrührendes Beleuchtungs-Lichtbündel
12 im wesentlichen radial zu seiner Hauptachse (23) auf das Objekt längs eines
13 Umfangsbandes und umgekehrt umlenkt und danach das Abbildungs-Licht-
14 bündel mittels eines Abbildungsobjektives (15) auf einen Sensor (18) mit einer
15 elektrischen Auswerteeinrichtung fokussierbar ist,
16 dadurch gekennzeichnet,
17 daß der Sensor ein geradliniger optoelektronischer Zeilensensor (18) ist und daß
18 zwischen dem Objekt und dem Zeilensensor zum Drehen des Strahlenganges
19 des Abbildungs-Lichtbündels (2, 26) objektseitig vor- oder nach dem Abbil-
20 dungsobjektiv (15) eine Bilddrehungsoptik (16) sich befindet, welche um ihre
21 Hauptachse (23) drehbar angeordnet ist.

22
23 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
24 daß die Bilddrehungsoptik eine Spiegeleinrichtung oder eine Kombination von
25 Zylinderlinsen oder eine Kombination von Zylinderlinsen mit sphärischen Lin-
26 sen oder ein Pechan-Prisma (16) oder ein Dove-Prisma ist, die bzw. das mittels
27 eines Motors (19) drehbar um ihre bzw. seine Hauptachse (23) angeordnet ist,
28 die mit der Hauptachse des Strahlengangs des Abbildungs-Lichtbündels (24)
29 zusammenfällt.

30

- 1 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
2 daß das Abbildungsobjektiv in die Kombination von Zylinderlinsen oder die
3 Kombination von Zylinderlinsen mit sphärischen Linsen zur Bilddrehung
4 integriert ist.
5
- 6 7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
7 daß sich das Abbildungsobjektiv objektseitig vor der Bilddrehungsoptik befin-
8 det und sowohl das Beleuchtungs-Lichtbündel als auch das Abbildungs-
9 Lichtbündel durch die Bilddrehungsoptik geführt sind.
10
- 11 8. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
12 daß die Lichtquelle (3) eine auf die Sensorgeometrie abgestimmte Blende (4)
13 aufweist, die beispielsweise bei einem linienförmigen Sensor schlitzförmig ist,
14 und Blende und Sensorzeile diametral zur Mittenachse der Bilddrehungsoptik
15 bzw. der Abbildungs- und Bilddrehungsoptik angeordnet sind.
16
- 17 9. Vorrichtung nach nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
18 daß der Sensor ein solcher mit parallelen Zeilen ist oder der Sensor aus mehreren
19 Sensorzeilen besteht, die sternförmig angeordnet sind.
20
- 21 10. Vorrichtung nach nach Anspruch 4, wobei der opto-elektronischen Sensor
22 ein CCD-Zeilensensor (18) ist, dadurch gekennzeichnet,
23 daß die Hauptachse (23) der Bilddrehungsoptik (16) mittig die Sensorzeile (18)
24 durchstößt, die symmetrisch zur Hauptachse in der Bildebene liegt, so daß ein
25 zentraler Bereich des Sensors der Stirnfläche des Objektes und die beiden sich
26 diametral gegenüberliegenden Außenbereiche des Sensors der Mantelfläche des
27 Objektes zugeordnet sind und auf derselben zu liegen kommen.
28
- 29 11. Vorrichtung nach nach Anspruch 4, wobei der opto-elektronischen Sensor
30 ein CCD-Zeilensensor (25) ist, dadurch gekennzeichnet,

1 daß die Sensorzeile (25) soweit außermittig der Hauptachse (23) der Bild-
2 drehungsoptik (16) angeordnet ist, daß die Hauptachse nur noch die Verlän-
3 gerungsgerade der Sensorzeile schneidet und somit das Abbild der Sensorzeile
4 nur noch eine Abtastgerade (21) auf der Mantelfläche des Objektes ergibt.

5

6 12. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei der opto-elektronischen Sensor ein
7 CCD-Zeilensensor ist, dadurch gekennzeichnet,

8 daß der Sensor bzw. die Sensorzeile des Sensors außermittig und schräg zur
9 Hauptachse der Bilddrehungsoptik liegt, so daß in der Bildebene die Sensorzeile
10 bzw. deren Verlängerungsgerade die Hauptachse der Bilddrehungsoptik nicht
11 schneidet und in der Objektebene das Abbild der Sensorzeile auf dem Objekt
12 schräg zu dessen Mittelachse zu liegen kommt.

13

14 13. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,
15 daß der Spiegelkörper ein durchsichtiger Körper (29,29') in Form eines Toroids
16 ist, dessen äußere rückseitig-umlaufende, schräg geneigte Oberfläche als innen
17 verspiegelte Spiegelfläche (31,31') ausgebildet ist, wobei die der Hauptachse (23)
18 des Spiegelkörpers (29,29') zugewandte innere umlaufende Oberfläche als zylindrische
19 oder als gewölbte Linsenfläche (30,30') gestaltet ist.

20

21 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet,
22 daß die innere umlaufende Linsenfläche (30') konvex oder konkav gewölbt ist
23 und daß gegebenenfalls die Brennweite und/oder die Wölbung der Linsenfläche
24 in Richtung der Hauptachse des Spiegelkörpers veränderbar sind.

25

26 15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet,
27 daß die äußere rückseitig-umlaufende, schräg geneigte Spiegelfläche (31,31')
28 halbdurchlässig als Teilerspiegel ausgeführt ist.

29

30

1/3

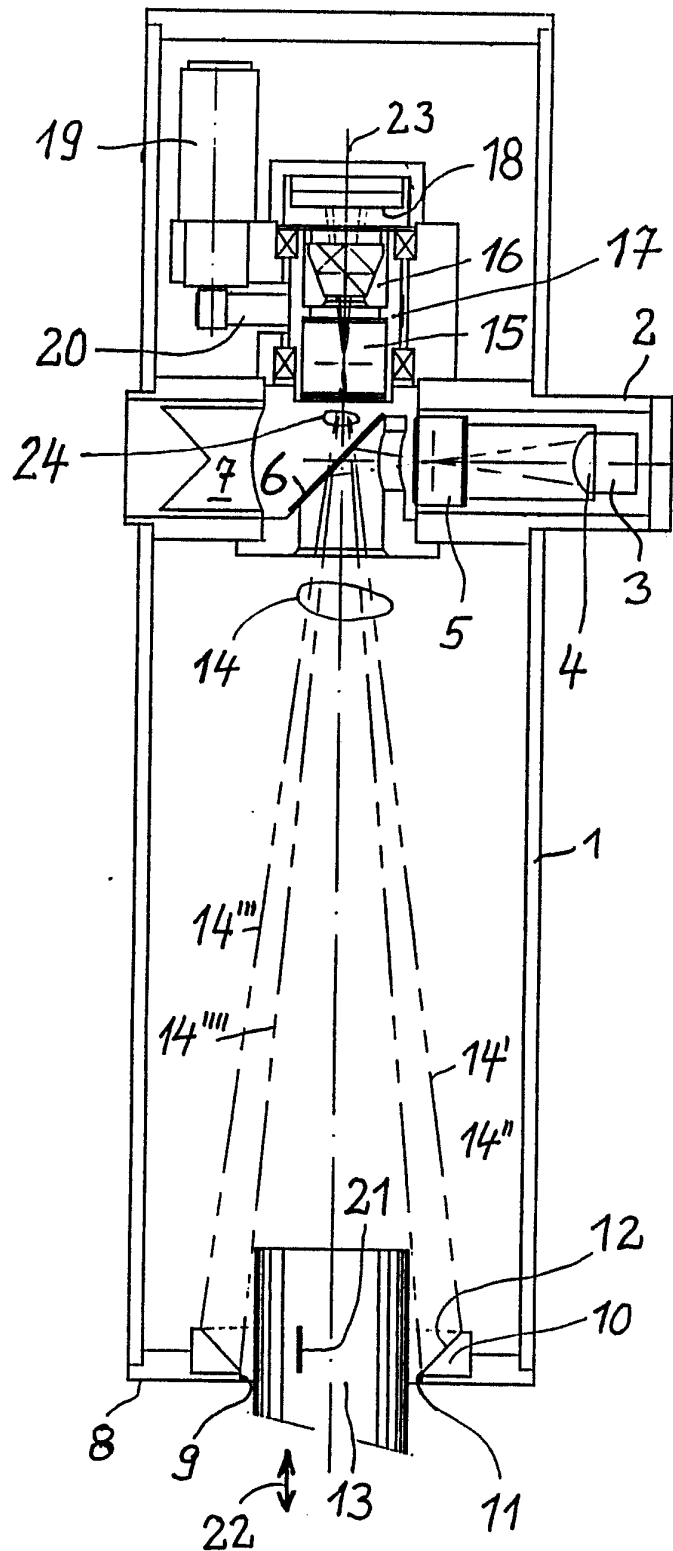


Fig. 1
ERSATZBLATT

2/3

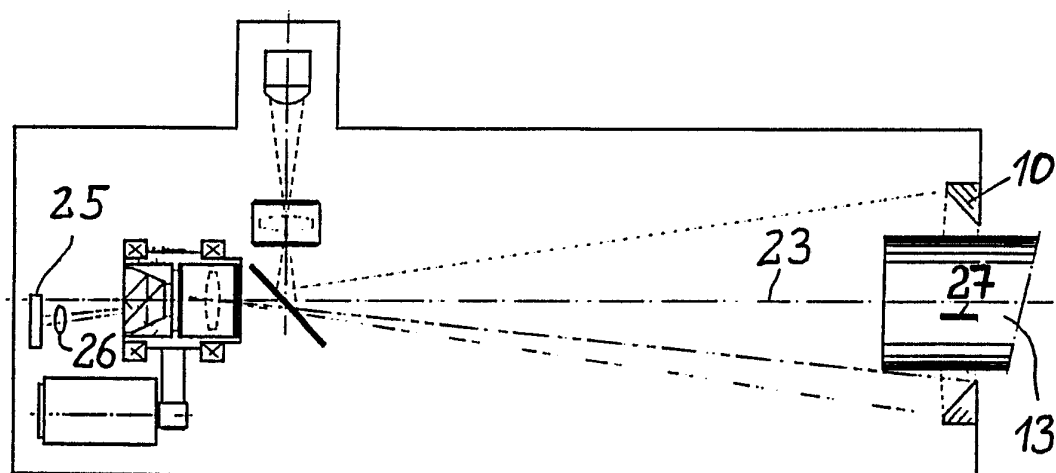


Fig. 2

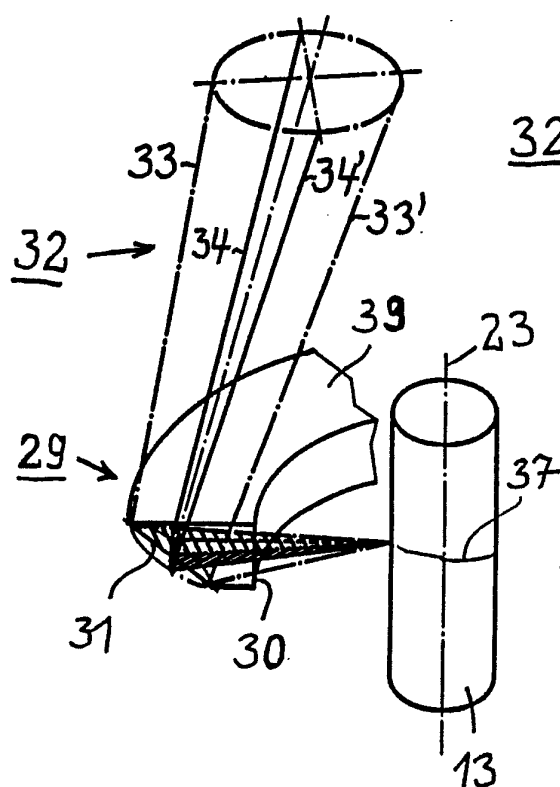


Fig. 4

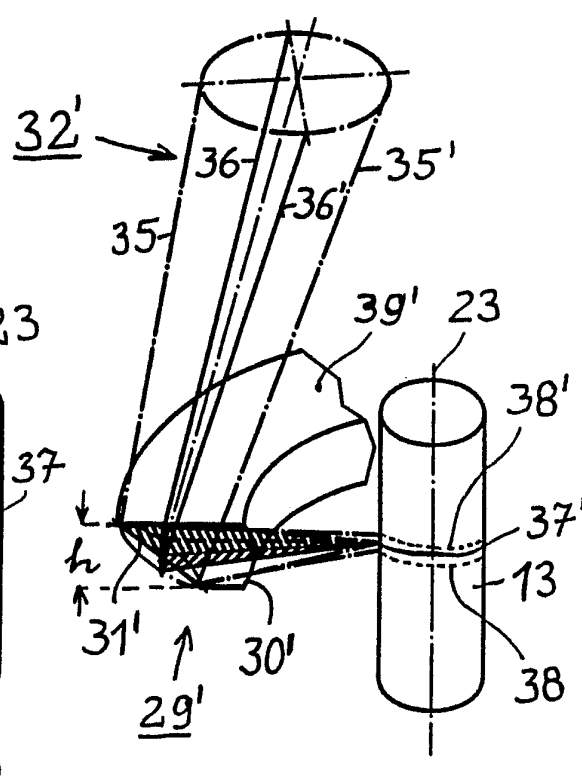


Fig. 5

2/3

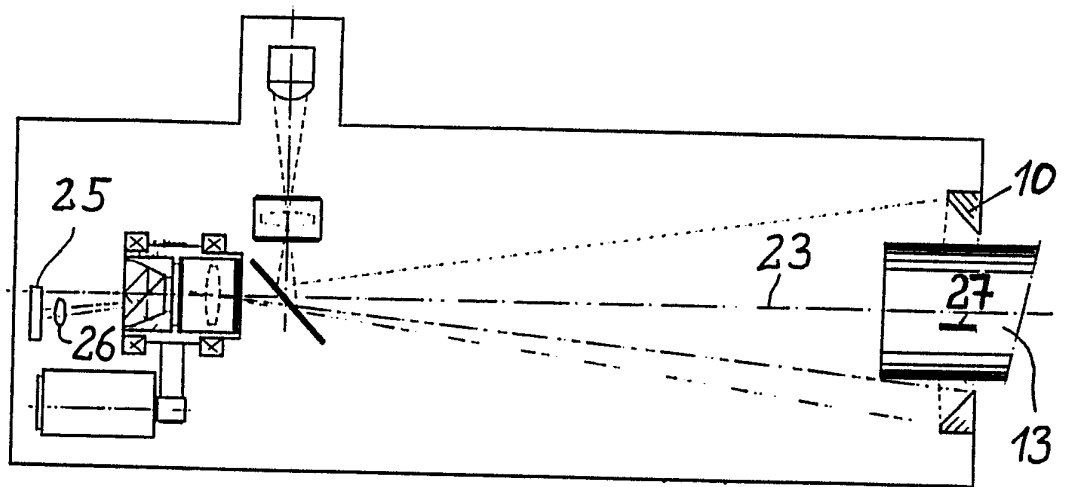


Fig. 2

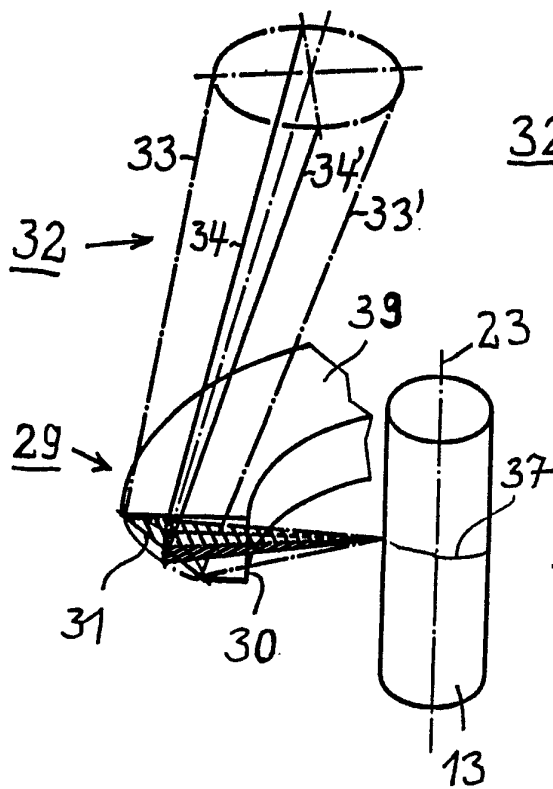


Fig. 4

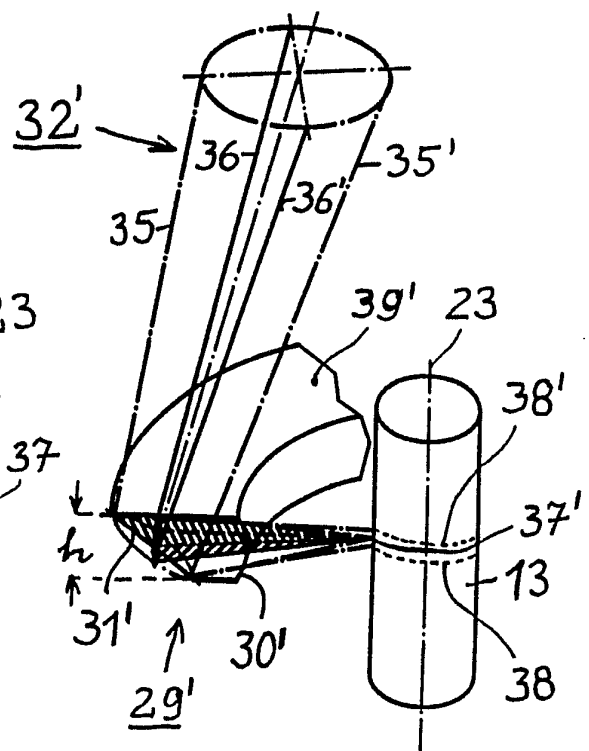


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 91/00619

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁵ G 01 N 21/88; G 01 B 11/30; G 02 B 26/10		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	G 01 B, G 01 N, G 02 B	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with Indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	WO, A1, 89/05468 (BIRKLE, GEBHARD) 15 June 1989, see page 5, line 9 - page 7, line 8, abstract; figure 1	1
A	---	2-15
Y	DE, A1, 3601442 (BIRKLE, GEBHARD) 23 July 1987, see column 5, line 32 - column 6, line 32, abstract, figure I	1
A	---	2-15
A	EP, A2, 279347 (OKADA INC) 24 August 1988, see abstract	1-15
A	DE, A1, 3822303 (BIRKLE, GEBHARD) 22 June 1989, see abstract	1-15

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>[*] Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document: member of the same patent family</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search 4 October 1991 (04.10.91)		Date of Mailing of this International Search Report 29 October 1991 (29.10.91)
International Searching Authority European Patent Office		Signature of Authorized Officer

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.PCT/DE 91/00619**

SA 49695

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report.
The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 30/08/91
The European Patent office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO-A1- 89/05468	15/06/89	NONE	
DE-A1- 3601442	23/07/87	NONE	
EP-A2- 279347	24/08/88	NONE	
DE-A1- 3822303	22/06/89	AU-D- 2792589	05/07/89
		EP-A- 0390825	10/10/90
		JP-T- 3502601	13/06/91
		WO-A- 89/05468	15/06/89

For more details about this annex : see Official Journal of the European patent Office, No. 12/82

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 91/00619

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶ Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC Int.Cl. ⁵ G 01 N 21/88; G 01 B 11/30; G 02 B 26/10											
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Recherchierter Mindestprüfstoff⁷</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%; padding: 5px;">Klassifikationssystem Int.Cl.⁵</td> <td style="padding: 5px;">Klassifikationssymbole G 01 B, G 01 N, G 02 B</td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen⁸</div>			Klassifikationssystem Int.Cl. ⁵	Klassifikationssymbole G 01 B, G 01 N, G 02 B							
Klassifikationssystem Int.Cl. ⁵	Klassifikationssymbole G 01 B, G 01 N, G 02 B										
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%; padding: 5px;">Art *</th> <th style="width: 75%; padding: 5px;">Kennzeichnung der Veröffentlichung¹¹, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile¹²</th> <th style="width: 20%; padding: 5px;">Betr. Anspruch Nr.¹³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">Y A</td> <td style="padding: 5px;"> WO, A1, 89/05468 (BIRKLE, GEBHARD) 15 Juni 1989, siehe Seite 5, Zeile 9 - Seite 7, Zeile 8, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;"> 1 2-15 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;">Y A</td> <td style="padding: 5px;"> DE, A1, 3601442 (BIRKLE, GEBHARD) 23 Juli 1987, siehe Spalte 5, Zeile 32 - Spalte 6, Zeile 32, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div> </td> <td style="text-align: center; vertical-align: top; padding: 5px;"> 1 2-15 </td> </tr> </tbody> </table>			Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³	Y A	WO, A1, 89/05468 (BIRKLE, GEBHARD) 15 Juni 1989, siehe Seite 5, Zeile 9 - Seite 7, Zeile 8, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div>	1 2-15	Y A	DE, A1, 3601442 (BIRKLE, GEBHARD) 23 Juli 1987, siehe Spalte 5, Zeile 32 - Spalte 6, Zeile 32, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div>	1 2-15
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³									
Y A	WO, A1, 89/05468 (BIRKLE, GEBHARD) 15 Juni 1989, siehe Seite 5, Zeile 9 - Seite 7, Zeile 8, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div>	1 2-15									
Y A	DE, A1, 3601442 (BIRKLE, GEBHARD) 23 Juli 1987, siehe Spalte 5, Zeile 32 - Spalte 6, Zeile 32, Zusammenfassung, Figur 1 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">--</div>	1 2-15									
<div style="font-size: small;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div>											
IV. BESCHEINIGUNG <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 4. Oktober 1991 </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 29. 10. 91 </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Internationale Recherchenbehörde <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Europäisches Patentamt</div> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Unterschrift des bevollmächtigten Beauftragten <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> J. HOFFMANN </div> </td> </tr> </table>			Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 4. Oktober 1991	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 29. 10. 91	Internationale Recherchenbehörde <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Europäisches Patentamt</div>	Unterschrift des bevollmächtigten Beauftragten <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> J. HOFFMANN </div>					
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 4. Oktober 1991	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 29. 10. 91										
Internationale Recherchenbehörde <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">Europäisches Patentamt</div>	Unterschrift des bevollmächtigten Beauftragten <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> J. HOFFMANN </div>										

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP, A2, 279347 (OKADA INC) 24 August 1988, siehe Zusammenfassung --	1-15
A	DE, A1, 3822303 (BIRKLE, GEBHARD) 22 Juni 1989, siehe Zusammenfassung -- -----	1-15

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.PCT/DE 91/00619

SA 49695

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 30/08/91
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO-A1- 89/05468	15/06/89	KEINE	
DE-A1- 3601442	23/07/87	KEINE	
EP-A2- 279347	24/08/88	KEINE	
DE-A1- 3822303	22/06/89	AU-D- 2792589	05/07/89
		EP-A- 0390825	10/10/90
		JP-T- 3502601	13/06/91
		WO-A- 89/05468	15/06/89

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82